

### **Concise Explanation of the Relevance**

Japanese Patent Laid-Open Publication No. 2000-174344 discloses, as shown in Fig. 1, an n-type GaAs substrate 1, n-type clad layer 2 composed of AlGaInP, undoped AlGaInP active layer 3, p-type clad layer 4 composed of AlGaInP, p-type current dispersion layer 5 composed of AlGaAs, n-type GaAs layer 6, and ITO transparent conductive film 7. Other than ITO,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ , and  $\text{Cd}_2\text{SnO}_4$  are listed as examples of the material for the transparent conductive film.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-174344

(P2000-174344A)

(43) 公開日 平成12年6月23日 (2000.6.23)

(51) IntCl.<sup>7</sup>  
H01L 33/00

識別記号

F I  
H01L 33/00

サーチコード\* (参考)  
E 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-344452  
(22) 出願日 平成10年12月3日 (1998.12.3)

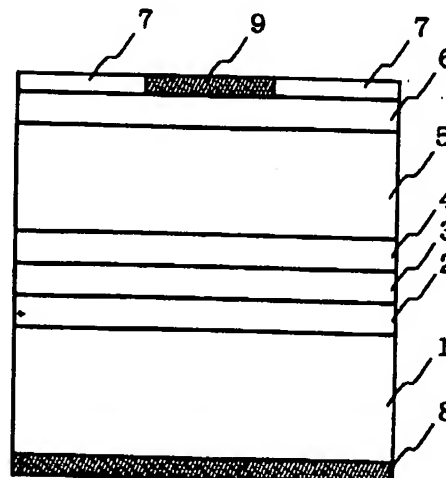
(71) 出願人 000005120  
日立電線株式会社  
東京都千代田区大手町一丁目6番1号  
(72) 発明者 海野 恒弘  
茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線  
株式会社アドバンスリサーチセンタ内  
(74) 代理人 100068021  
弁理士 絹谷 信雄  
Fターム (参考) 5F041 AA21 CA04 CA34 CA35 CA36  
CA65 CA82 CA85 CA88 CA92

(54) 【発明の名称】 発光ダイオード

(57) 【要約】

【課題】 駆動電圧の上昇を抑え、且つ、低価格で高輝度のAlGaInPの発光ダイオードを提供する。

【解決手段】 AlGaInP活性層3を、該AlGaInP活性層3よりバンドギャップエネルギーの高いAlGaInP及びAlGaAsの単層あるいは複数層からなるp型クラッド部4、5とn型クラッド部2とで挟み込み、p型クラッド部4、5側の表面にp側電極9を形成した発光ダイオードにおいて、p型クラッド部4、5の表面のうち上記p側電極9以外の面上に透明導電膜7を形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 AlGaInP活性層を、該AlGaInP活性層よりバンドギャップエネルギーの高いAlGaAs及びAlGaAsの単層あるいは複数層からなるp型クラッド部とn型クラッド部とで挟み込み、p型クラッド部側の表面にp側電極を形成した発光ダイオードにおいて、p型クラッド部の表面のうち上記p側電極以外の面上に透明導電膜を形成したことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項2】 上記透明導電膜は、ITO、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SnO<sub>2</sub>、ZnO、Cd<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub>のいずれかの単層あるいは複数層から形成される請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項3】 上記透明導電膜の厚さは、0.5μm以上である請求項1又は2に記載の発光ダイオード。

【請求項4】 上記p型クラッド部の最表面に、厚さが0.001μmから0.05μmのGaAs層あるいはAlGaAs層を形成し、その層の表面に上記透明導電膜を形成した請求項1～3のいずれかに記載の発光ダイオード。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電気を直接光に変換するAlGaInPの発光ダイオードに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、発光ダイオードは、電気を直接光に変換する発光素子であり、我々の生活で広く用いられている。表示用発光ダイオードとしては、GaPの赤色と緑色、AlGaAsの赤色、AlGaPの橙色がほとんどである。しかし、より短波長でかつ高輝度の発光ダイオードが要求されていたが、最近、GaNの青色やAlGaInPの高輝度黄色、高輝度橙色が開発され、市場に出ようになってきた。しかし、GaNやAlGaInPの発光ダイオードは、まだ価格が高く、GaPやAlGaAs、AlGaPなどのようにいろいろなところで用いられるには至っていない。

【0003】このAlGaInP発光ダイオード用のエビウエハは、MOVPE法(Metal Organic Vapor Phase Epitaxial method)により製作されている。このMOVPE法では、液相のエピタキシャル法では成長できないAlGaInPの成長ができ、また活性層の膜厚を精度良く制御することができる。更に原料ガスを切り替えることにより別の種類のエピタキシャル層を成長できるため、多層成長が容易である。この方法を生かして、AlGaInPの発光ダイオード用エビウエハでは、エピタキシャル成長層と基板との間に光反射層となる多層反射膜を形成している例もある。しかし、この成長方法では、結晶性の悪化による輝度低下の問題からキャリア濃度の高いp型のAlGaInPのエピタキシャル層を成

長することができない。

【0004】発光ダイオードは、基本的に、光電変換部分となる活性層と、その活性層を両側から挟んでキャリア注入層となるp型及びn型のクラッド部と、このp型及びn型のクラッド部のいずれか一侧の外側表面にあって、これらエピタキシャル成長層を保持する基板と、さらに表面側と裏面側とにそれぞれ形成された電極とで構成される。

【0005】キャリアは電極から注入されるが、活性層に一樣に分布するように電気が流れなければならない。すなわち、キャリアが電極の真裏にのみ流れると、活性層のうち電極の直裏の部分で発光した光が電極で遮られて、LEDチップの外にその光を取り出すことができない。キャリアが活性層に一樣に流れるためには、活性層の表面側のクラッド部のキャリア濃度が高いこと、または、クラッド部の膜厚が厚いことが要求される。

【0006】まず、キャリア濃度を高くする方法に関しては、前述のようにp型でキャリア濃度の高いAlGaInPクラッド層を成長できないことから、n型で高キャリア濃度のAlGaInPが用いられる例もある。しかしこれでは、アノードコモンになるため、回路的には特殊になり、発光を目的とする電力供給のためには、カソードコモンが望ましい。このため、現在でも活性層の表面側のクラッド部をp型とした発光ダイオードの生産量の方が多い。

【0007】次に、活性層の表面側のクラッド部をp型にした場合には、高キャリア濃度のAlGaInPを成長できないため、膜厚を厚くする必要がある。厚くしても難しいため、p型のAlGaAsをp型クラッド部として用いる例もあるほどである。そのp型のAlGaAsでも、5～10μm程度の膜厚が必要となる。

【0008】さて、前述のようにMOVPE法には多くのメリットはあるが、成長速度が遅いという短所がある。成長速度が遅いため、上述したように膜厚を厚く成長させるのには、成長時間が長くなってしまふ。成長時間が長くなると、第一に原料ガスを大量に使用する、第二にスループットが悪くなるために高価なMOVPE装置の償却費が高くなってしまふなど問題が生じ、これらの理由から、エビウエハの価格は高くなってしまふ。

【0009】この問題に対して、透明導電膜を発光ダイオードの表面に形成することにより、電流分散をさせることが考えられる。透明導電膜であれば、電流分散はもちろんであるが、LEDチップから光が出る際に膜で吸収されるなどの問題が無い。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ただ、この透明導電膜としては、ほとんどが酸化物であり、AlGaInPあるいはAlGaAs上に透明導電膜を形成しようとする、透明導電膜とp型クラッド部との界面に酸化物を形成し、光吸収層となってしまうため、電流分散の効果を

生じさせるものの、十分に満足のいく特性を達成することはできなかった。その上、Al等の酸化物の層上には金属電極を付けることができない。

【0011】これを解決すべく、酸化防止膜などを形成してLEDを製作することが知られている。

【0012】ところが、半導体に接触抵抗の低い電極を形成するのは難しい技術である。このため金属電極でも、接触抵抗を低くするため、いろいろな工夫がなされている。

【0013】その一手段として透明導電膜が液晶や太陽電池などで使用されているが、これらは電流の少ない分野である。この場合、抵抗が多少高くても電流（電流密度）が少なければ、低い駆動電圧で済ますことができる。

【0014】しかしながら、発光ダイオードの場合、電流が上記のような素子に比べ大きいので接触抵抗が問題となる。このため、単にLED用半導体の上に透明電極（透明導電膜）を形成したのでは、駆動電圧が高くなってしまふ。特に、発光ダイオードでは駆動電圧が重要なパラメータであり、0.1Vでも低いことが要求される。

【0015】例えば実開平6-38265号公報に示されているように、透明電極を形成してから金属電極を形成した構造のGa<sub>n</sub>発光ダイオードの場合には、駆動電圧がバンドギャップエネルギーから計算したよりも高く、金属電極による駆動電圧も高い状態である。この発光ダイオードでは透明電極にしたことによる駆動電圧の効果が、それほど問題にならないと考えられる。しかし、AlGaInPなどの発光ダイオードの場合には、駆動電圧がある程度低い場合、駆動電圧の上昇は大きな問題となる。

【0016】そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、駆動電圧の上昇を抑え、且つ、低価格で高輝度のAlGaInPの発光ダイオードを提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、AlGaInP活性層を、該AlGaInP活性層よりバンドギャップエネルギーの高いAlGaInP及びAlGaAsの単層あるいは複数層からなるp型クラッド部とn型クラッド部とで挟み込み、p型クラッド部側の表面にp側電極を形成した発光ダイオードにおいて、p型クラッド部の表面のうち上記p側電極以外の面上に透明導電膜を形成したものである。

【0018】上記透明導電膜は、ITO、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SnO<sub>2</sub>、ZnO、Cd<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub>のいずれかの単層あるいは複数層から形成されることが好ましい。

【0019】上記透明導電膜の厚さは、0.5μm以上であることが好ましい。

【0020】上記p型クラッド部の最表面に、厚さが0.001μmから0.05μmのGaAs層あるいは

AlGaAs層を形成し、その層の表面に上記透明導電膜を形成することが好ましい。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適一実施の形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0022】図1により本発明の一実施の形態を説明する。

【0023】図1に示すように、本発明は、n型GaAs基板1の表面上にAlGaInPのn型クラッド層2が1μm、その上にアンドープのAlGaInP活性層3が0.5μm、AlGaInPのp型クラッド層4が1μm、AlGaAsのp型電流分散層5が8μm、n型のGaAs層（酸素拡散防止膜6）が0.01μm、さらにITO膜（透明導電膜7）が1μm順次形成され、そのチップの裏面には全面電極8、表面側中央に円形電極9が形成されて構成される。

【0024】この発光ダイオードを製作するためには、まず、MOVPE法により、n型GaAs基板1の一侧表面上に、AlGaInPのn型クラッド層2、アンドープのAlGaInP活性層3、AlGaInPのp型クラッド層4が成長され、その表面上に更に続いて、AlGaAsのp型電流分散層5とGaAsの酸素拡散防止膜6とがMOVPE法により成長されて、エピウエハが製作される。

【0025】このエピウエハの基板1の裏面の全面にAuGe/Ni/Auのn側電極8が形成される。他方、酸素拡散防止膜6の表面に、直径150μmのAuZn/Ni/Auのp側円形電極9が400μmピッチでマトリックス状に形成される。

【0026】ただし、本発明において、電流分散層5は従来に比べて薄く形成されている。

【0027】以上のような構成では、上述したように、キャリアが電極9の真裏にのみ流れて、活性層3のうち電極9の直裏の部分のみで光が発光し、この光が電極9で遮られて、LEDチップの外にその光を取り出すことができなくなる。

【0028】そこで、本発明では、このエピウエハの表面側のp側円形電極9の上にフォトリソプロセスによりレジスト膜を2μmの厚さに形成し、そのエピウエハの上に、ITO膜（7）のソルゲル原料をスピコート法によりゲル膜厚0.2μmで塗布し、そのエピウエハを120°Cで乾燥し、その後再度塗布・乾燥を繰り返す、このゲル膜厚を全部で1μmに形成し、その後レジスト膜を除去し、電極9以外の部分のみにゲル膜を残し、この膜を500°Cで30分加熱して、導電膜7が形成される。

【0029】このエピウエハにチップ分離のためのメサ部を形成し、ダイサーにより分離してLEDチップが製作される。

【0030】次に本発明の作用を述べる。

【0031】上記構成によれば、 $n$ 型GaAs基板1上に、AlGaInPの $n$ 型クラッド層2と、AlGaInP活性層3と、AlGaInPの $p$ 型クラッド層4と、AlGaAsの $p$ 型電流分散層5と、GaAsの酸素拡散防止膜6とを順次成長させるため、この酸素拡散防止膜6によって透明導電膜7とこれらエピタキシャル成長層との界面に酸化物などの光吸収層を形成することがなくなる。

【0032】このエピウエハの表面に $p$ 側電極9を、裏面に $n$ 側電極8をそれぞれ形成し、レジスト膜をこの $p$ 側円形電極9の上に形成した後、ITO膜(7)のソルゲル原料を塗布・乾燥させ、レジスト膜を除去し、加熱して、導電膜7を形成するため、電極9が従来と同様にエピタキシャル成長層上についており、駆動電圧が従来の発光ダイオード以下であることがまず補償される。

【0033】すなわち、エピタキシャル成長層に比べて抵抗の低い透明電極(透明導電膜7)が $p$ 側円形電極9以外の表面についているため、電流は透明電極(7)内を電極9から外側に広がり、周囲の電流密度の低いところでLED半導体に流れるため、駆動電圧を大きくすることがない。

【0034】つまり、上述したように、透明電極を形成してから金属電極を形成した構造の発光ダイオードでは、本発明に比べ、電流分散による輝度の均一性に優れていることは確かであるが、本構造の発光ダイオードでは、駆動電圧を低くすることはあっても高くすることのない構造で、電流分散の効果を発揮できることが特徴である。

【0035】この電流分散の効果により、光取り出し面全体から発光させることができるようになるため、輝度を大幅に向上させることができる。

【0036】また、透明導電膜7を用いる前には $p$ 型クラッド層4のキャリア濃度をできるだけ高くするために、ドーパントを多く入れており、このため、結晶性が損なわれ、輝度低下の原因となっていた。透明導電膜7により電流分散を十分にできるようになったので、 $p$ 型クラッド層4にドーパントを多く入れることなく、 $p$ 型クラッド層4の結晶性を良好な状態で成長させることができるようになるため、活性層3の結晶性が良質になり、高輝度が得られるようになる。

【0037】さらに、この効果のもっとも大きい透明導電膜7を形成することにより、 $p$ 型クラッド層4の膜厚を $3\mu\text{m}$ 以下まで抑えても、電流分散を十分に起こすことができるようになる。このため、エピウエハの成長時間が従来の2分の1から3分の1まで短くなる。これにより、エピウエハのコストを大きく下げることができるようになる。

【0038】このようにして、本発明では、駆動電圧の上昇を抑え、且つ、低価格で高輝度のAlGaInPの発光ダイオードを提供することができる。

【0039】以上のような本発明の透明導電膜7について、本発明のチップと従来のLEDチップとを比較した実験例を以下に説明する。

【0040】まず、この透明導電膜7を形成したLEDチップと、透明導電膜7を形成しないLEDチップとに、順方向電流を20mA通電し発光状態を調べた。このときの発光波長は $620\text{nm}$ である。透明導電膜7を形成しないLEDチップでは、円形電極9の周囲に発光が見られる。これに対して、透明導電膜7を形成したLEDチップでは、光取り出し面が均一に橙色に発光しており、電流分散が十分起こっていることを確認することができた。

【0041】さらに、これらのLEDチップを、TO-18ステム上にダイボンディングとワイヤボンディングにより実装し、積分球内に入れて発光出力を測定した。透明導電膜7を形成しないLEDチップの発光出力は0.25mWであるが、透明導電膜7を形成したLEDチップの発光出力は1.2mWであり、約5倍の発光出力が得られた。これにより、透明導電膜7の効果が確認された。

【0042】また、透明導電膜7を形成せず、 $p$ 型電流分散層5のAlGaAsの膜厚を $10\mu\text{m}$ まで厚くしたLEDチップでは、0.7mWが得られており、それから比べても、透明導電膜7を形成したLEDチップの発光出力は約1.7倍である。

【0043】次に、ITO膜(7)の厚さと発光出力の関係を図2に示す。図によれば、ITO膜(7)が厚くなるにつれ、発光出力が向上し、ITO膜(7)が $0.5\mu\text{m}$ 以上であれば、その効果ははっきりしている。 $1\mu\text{m}$ までは徐々に発光出力が高くなっていくが、それ以上では、発光出力が飽和し、効果は見られない。しかし、他の透明導電膜7を用いた場合にはITO膜(7)に比べて抵抗が高くなるため、飽和する膜厚が厚くなる。

【0044】図3に示すように、表面を形成しているGaAs(酸素拡散防止膜6)の膜厚が厚くなれば、吸収により発光出力が低下する。このため、GaAs(6)の膜厚が $0.05\mu\text{m}$ より厚くなると光吸収効果が大きくなり限界である。また、GaAs(6)の厚さが薄くなると、吸収の影響が小さくなり、光出力が高くなるが、ばらつきが大きくなる。

【0045】また、上記透明導電膜7の材料として、ITO、 $\text{In}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{Cd}_2\text{SnO}_4$ を単層に形成し、あるいは、これらを混ぜ合わせるないしは多層構造に形成して用いることも可能である。

【0046】このような場合でも、電流分散の効果と発光出力の向上は確認できた。

【0047】またその膜7の間にAuやAg等の金属膜を $0.1\mu\text{m}$ 程度以下の厚さで加えることも可能である。

【0048】上記膜7厚は吸収が問題とならない範囲であれば厚ければ厚い方がよい。しかしコストの問題から、できるだけ薄いことが要求される。薄さの限界は、透明導電膜7の導電率によりきまる。ITO膜(7)を形成すれば電流分散が始まるため、輝度の向上は確実に起こる。しかし、効果を十分に起こすためにはITO膜(7)で0.5 $\mu$ m以上であることが望ましい。0.4 $\mu$ mで駄目かという問題に関してはないよりあったほうが確かにいいが、0.5 $\mu$ mのほうが望ましい。

【0049】エビウエハの表面に形成する層6としては、GaAsが望ましいが、多少Alが入っても十分に機能を発揮することができる。

【0050】酸素拡散防止膜6がAlGaAsによって形成される場合、AlGaAsのAlAs混晶比としては0.3以下であることが必要である。

【0051】透明導電膜7をAlGaInP-発光ダイオードに形成した例を実施例で述べたが、その他にも電流分散層5を厚くできないような発光ダイオードに関しては、本発明と同様の効果が期待できる。

【0052】また、透明導電膜7として金属酸化物を用いたが、金属膜を薄く形成することも効果的である。

【0053】上述の実施の形態において、p型クラッド層4上部にGaAs等の酸素拡散防止膜6を形成し、その膜6上にp側電極9および透明電極(7)を形成して酸化物の生成を防いでいたが、この酸素拡散防止膜6を形成せず、酸化物を除去した後にp側電極9および透明電極(7)を形成しても良い。

【0054】

【発明の効果】以上要するに、本発明によれば、透明導電膜を形成することにより、電流分散が良くなり、輝度

を大幅に向上させることができるようになる。

【0055】透明導電膜により電流分散を十分にできるようになったので、p型クラッド層にドーパントを多く入れることなく、p型クラッド層の結晶性を良好な状態で成長させることができるようになるため、活性層の結晶性が良質になり、高輝度が得られるようになる。

【0056】さらに、この効果のもっとも大きい透明導電膜を形成することにより、p型クラッド層の膜厚を3 $\mu$ m以下まで抑えても、電流分散を十分に起こすことができるようになる。このため、エビウエハの成長時間が従来の2分の1から3分の1まで短くなる。これにより、エビウエハのコストを大きく下げることができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態の概略図である。

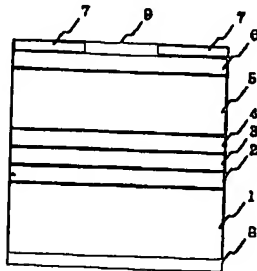
【図2】本発明の一実施の形態におけるITO膜の厚さと発光出力の関係を示す図である。

【図3】本発明の一実施の形態におけるGaAs層の厚さと発光出力の関係を示す図である。

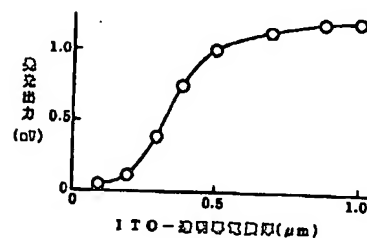
【符号の説明】

- 1 n型GaAs基板
- 2 n型クラッド層
- 3 AlGaInP活性層
- 4 p型クラッド層
- 5 p型電流分散層
- 6 酸素拡散防止膜
- 7 透明導電膜
- 8 n側電極
- 9 p側電極

【図1】



【図2】



【図3】

